

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年12月 8日
Date of Application:

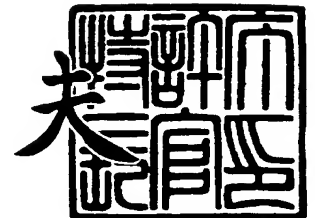
出願番号 特願2003-408858
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-408858]

出願人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2004年 2月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 J0105389
【提出日】 平成15年12月 8日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C01B 33/02
H01L 21/00
【発明者】
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
【氏名】 青木 敬
【特許出願人】
【識別番号】 000002369
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社
【代理人】
【識別番号】 100107836
【弁理士】
【氏名又は名称】 西 和哉
【代理人】
【識別番号】 100064908
【弁理士】
【氏名又は名称】 志賀 正武
【選任した代理人】
【識別番号】 100101465
【弁理士】
【氏名又は名称】 青山 正和
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003- 85757
【出願日】 平成15年 3月26日
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008707
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0302709

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基体と、該基体上方に設けられたシリコン層と、該シリコン層上に設けられたゲート絶縁膜とを備えたトランジスタの製造方法であって、

紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料を用意し、この液状体材料を前記基体上に塗布して塗布膜を形成する工程と、

前記塗布膜を酸素又はオゾンからなる雰囲気暴露して、該塗布膜の表面を酸化させる工程と、

表面酸化後の前記塗布膜を不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理し、該塗布膜を前記シリコン層と該シリコン層の上に形成されたシリコン酸化層とにする工程と、

を備えたことを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項 2】

前記塗布膜を酸素又はオゾンからなる雰囲気暴露して該塗布膜の表面を酸化させる工程において、該塗布膜を形成した前記基体に紫外線を照射することを特徴とする請求項 2 記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 3】

シリコン層と、このシリコン層上に設けられたゲート絶縁膜とを備えたトランジスタの製造方法であって、

紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料を用意し、この液状体材料を基体上に塗布して塗布膜を形成する工程と、

前記塗布膜を、不活性雰囲気中に酸素又はオゾンを所定量含有した酸化性不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理し、塗布膜をシリコン層とこれの上に形成されたシリコン酸化層とにする工程と、

を備えたことを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項 4】

前記塗布膜を、前記酸化性不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理するに際して、前記塗布膜を形成した基体に紫外線を照射することを特徴とする請求項 3 記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 5】

前記液状体材料を基体上に塗布する前に、該液状体材料に紫外線を照射して前記シラン化合物を高次シランに光重合させておくことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 6】

紫外線を照射してシラン化合物を高次シランに光重合させた後の液状体材料に、ドーパント源となる不純物を添加することを特徴とする請求項 5 記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 7】

前記液状体材料として、ドーパント源となる不純物を含有したものを用いることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 8】

前記基体上に、ソース・ドレイン領域となるドーパント含有の半導体層を形成する工程を有し、

前記液状体材料から形成するシリコン層を、前記ソース・ドレイン領域と接続してチャネル領域とすることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 9】

前記半導体層の形成材料として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有し、さらにドーパント源となる不純物を含有した液状体材料を用いることを特徴とする請求項 8 記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 10】

前記半導体層の形成材料の基体上への塗布を、液滴吐出法で行うことを特徴とする請求項 9 記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 1 1】

前記液状体材料の基体上への塗布を、液滴吐出法で行うことを特徴とする請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の製造方法によって得られたトランジスタを備えてなることを特徴とする電気光学装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の電気光学装置を備えてなることを特徴とする電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】トランジスタの製造方法、電気光学装置、及び電子機器

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機EL装置や液晶表示装置などの各種ディスプレイ等に好適に用いられるトランジスタの製造方法、およびこの製造方法によって得られるトランジスタを備えた電気光学装置、電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に薄膜トランジスタ(TFT)は、シリコン薄膜をパターニングし、さらにこれに不純物を注入することなどによって形成される。このような薄膜トランジスタや集積回路等に應用されるシリコン薄膜は、通常、CVD法等の真空プロセスによって基板の全面に形成され、その後、フォトリソグラフィにより不要部分が除去されることでそのパターニングがなされる。

しかしながら、このような成膜やパターニング方法では、

- (1) 大掛かりな装置が必要である。
- (2) 原料の使用効率が悪い。
- (3) 原料が気体のため扱いにくい。
- (4) 大量の廃棄物が発生する

などの問題がある。特に、基板が大型化した場合には、これを処理する装置も基板を収容する必要上大型化しなくてはならず、装置がますます高価なものになってしまう。

【0003】

このような従来の方法に対し、近年、液体状の高次シランまたはその溶液を基板に塗布し、加熱等によってシリコン層を作製するといった方法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。このような方法によれば、原料が液体であるため扱いやすく、また、大型の装置を必要としないため低コストでシリコン層を作製することができる。

また、パターニングに関しても、インクジェット法等の液滴吐出法によって高次シランの溶液を所望位置に配することでパターニングする技術が提案されている(例えば、特許文献2参照)。このような方法によれば、フォトリソグラフィ工程や材料の無駄を省くことができ、さらなる低コスト化を図ることができる。

【特許文献1】特開2002-203794号公報

【特許文献2】特開2001-179167号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、薄膜トランジスタはシリコン層だけでなく、電極やゲート絶縁膜などのさまざまな構成要素を有して成り立っている。したがって、チャネル層については前記の方法を用いて作製することができるものの、その他の層については従来通りの高価で大掛かりな装置を用いて形成する必要がある、真の低コスト化が図れていないのが現状である。

【0005】

特に、ゲート絶縁膜については薄膜トランジスタの性能に大きく影響を与えるため、従来ではCVD法や熱酸化法などの実績のあるプロセスで作製されている。しかしながら、CVD法は装置が大型で高価であり、また、熱酸化法は1000℃を越える高温で基板を処理する必要があるため、この熱酸化の前のプロセスでは、基板上に形成する要素として高温処理に耐え得るものしか形成することができないといった大きな制限がかかってしまう。

【0006】

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、真の低コスト化を図り、かつ高温での処理をなくしてプロセスの自由度を高めるべく、液体シリコン材料を使ってチャネル層とゲート絶縁膜とを同時に作製するようにしたトランジスタの製造方

法、およびこの製造方法によって得られるトランジスタを備えた電気光学装置、電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的を達成するため本発明のトランジスタの製造方法は、基体と、該基体上方に設けられたシリコン層と、該シリコン層上に設けられたゲート絶縁膜とを備えたトランジスタの製造方法であって、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料を用意し、この液状体材料を前記基体上に塗布して塗布膜を形成する工程と、前記塗布膜を酸素又はオゾンからなる雰囲気中に暴露して、該塗布膜の表面を酸化させる工程と、表面酸化後の前記塗布膜を不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理し、該塗布膜を前記シリコン層と該シリコン層の上に形成されたシリコン酸化層とにする工程と、を備えたことを特徴としている。

ここで、酸素又はオゾンからなる雰囲気とは、例えば不活性ガス中に酸素又はオゾンが含有される雰囲気をいう。そして、酸素又はオゾンとは、酸素のみであっても、オゾンのみであっても、酸素とオゾンとが共存する混合状態であってもよい。

【0008】

このトランジスタの製造方法によれば、液状体材料として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有したものをを用いるので、取り扱いが容易であり、また、大型の装置を必要とすることなく塗布などが可能となるため、シリコン層を低コストで形成することができる。

また、塗布膜を酸素又はオゾンからなる雰囲気中に暴露してその表面を酸化させ、その後、塗布膜を不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理するようにしたので、塗布膜をシリコン層とこれの上に形成されたシリコン酸化層とに同時に形成することができる。したがって、シリコン層を例えばチャネル領域、シリコン酸化層をゲート絶縁膜とすることにより、従来のごとくチャネル領域等の形成とは別にCVD法や熱酸化法等によってゲート絶縁膜を形成したのを、一連の簡略なプロセスでこれらを同時に形成することができる。これにより工程の簡略化とこれに伴う生産性向上、低コスト化を図ることができる。また、1000℃を越えるような高温での処理が不要になるため、プロセスの自由度を高めることができる。

また、チャネル領域（シリコン層）とゲート絶縁膜（シリコン酸化層）とを全く同時に作製するため、これらを別々に成膜する従来のプロセスに比べ良好な層界面を得ることができ、したがって得られるトランジスタの特性向上が図れる。

なお、酸素又はオゾンからなる雰囲気については、そのオゾン濃度を高くすることで酸化力を高めることができる。このように酸化力を高めることにより、塗布膜表面の酸化をより効率的にしてその処理時間を短くすることが可能になり、また、緻密で絶縁耐性、界面特性にも優れた酸化膜とシリコン膜との2層構造を得ることが可能になる。

【0009】

このトランジスタの製造方法では、前記塗布膜を酸素又はオゾンからなる雰囲気中に暴露して該塗布膜の表面を酸化させる工程において、該塗布膜を形成した前記基体に紫外線を照射するのが好ましい。

このようにすれば、酸素又はオゾンからなる雰囲気中に酸素が存在する場合に、この酸素を反応させてオゾンを生成することにより、前記雰囲気のオゾン濃度を高めることができる。また、基体上の塗布膜も紫外線の照射を受けることにより、該塗布膜と酸素やオゾンとの反応が促進されてその酸化処理時間が一層短縮され、さらに、得られた酸化膜は緻密で絶縁耐性、界面特性に優れた良好なものとなる。

【0010】

また、本発明の別のトランジスタの製造方法は、シリコン層と、このシリコン層上に設けられたゲート絶縁膜とを備えたトランジスタの製造方法であって、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料を用意し、この液状体材料を基体上に塗布して塗布膜を形成する工程と、前記塗布膜を、不活性雰囲気

中に酸素又はオゾン在所定量含有した酸化性不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理し、塗布膜をシリコン層とこれの上に形成されたシリコン酸化層とにする工程と、を備えたことを特徴としている。

【0011】

このトランジスタの製造方法によれば、液状体材料として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有したものをを用いるので、取り扱いが容易であり、また、大型の装置を必要とすることなく塗布などが可能となるため、シリコン層を低コストで形成することができる。

また、不活性雰囲気中に酸素又はオゾン在所定量含有した酸化性不活性雰囲気中で、塗布膜を熱処理及び／又は光照射処理するようにしたので、塗布膜をシリコン層とこれの上に形成されたシリコン酸化層とに同時に形成することができる。したがって、シリコン層を例えばチャネル領域、シリコン酸化層をゲート絶縁膜とすることにより、従来のごとくチャネル領域等の形成とは別にCVD法や熱酸化法等によってゲート絶縁膜を形成したのを、一連の簡略なプロセスでこれらを同時に形成することができ、これにより工程の簡略化とこれに伴う生産性向上、低コスト化を図ることができる。また、1000℃を越えるような高温での処理が不要になるため、プロセスの自由度を高めることができる。

また、チャネル領域（シリコン層）とゲート絶縁膜（シリコン酸化層）とを全く同時に作製するため、これらを別々に成膜する従来のプロセスに比べ良好な層界面を得ることができ、したがって得られるトランジスタの特性向上が図れる。

なお、酸化性雰囲気中の酸素又はオゾンについては、そのオゾン濃度を高くすることで酸化力を高めることができる。このように酸化力を高めることにより、塗布膜表面の酸化をより効率的にしてその処理時間を短くすることが可能になり、また、緻密で絶縁耐性、界面特性にも優れた酸化膜とシリコン膜との2層構造を得ることが可能になる。

【0012】

このトランジスタの製造方法では、前記塗布膜を、前記酸化性不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理するに際して、前記塗布膜を形成した基体に紫外線を照射するのが好ましい。

このようにすれば、酸化性不活性雰囲気中に酸素が存在する場合に、この酸素を反応させてオゾンを生成することにより、前記雰囲気中のオゾン濃度を高めることができる。また、基体上の塗布膜も紫外線の照射を受けることにより、該塗布膜と酸素やオゾンとの反応が促進されてその酸化処理時間が一層短縮され、さらに、得られた酸化膜は緻密で絶縁耐性、界面特性に優れた良好なものとなる。

【0013】

また、前記のトランジスタの製造方法においては、前記液状体材料を基体上に塗布する前に、該液状体材料に紫外線を照射して前記シラン化合物を高次シランに光重合させておくのが好ましい。

このように高次シランに光重合させておくことにより、塗布膜を安定した状態に形成することができる。

【0014】

なお、紫外線を照射してシラン化合物を高次シランに光重合させた後の液状体材料に、ドーパント源となる不純物を添加するようにすればこれから導電性の良好なチャネル領域やソース・ドレイン領域を形成することができる。

【0015】

また、前記のトランジスタの製造方法においては、前記液状体材料として、ドーパント源となる不純物を含有したものをを用いるようにしてもよい。

このようにすれば、この液状体から導電性の良好なチャネル領域やソース・ドレイン領域を形成することができる。

【0016】

また、前記のトランジスタの製造方法においては、前記基体上に、ソース・ドレイン領域となるドーパント含有の半導体層を形成する工程を有し、前記液状体材料から形成する

シリコン層を、前記ソース・ドレイン領域と接続してチャネル領域とするようにしてもよい。

このようにすれば、より良好にトランジスタを製造することができる。

【0017】

また、前記半導体層の形成材料として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有し、さらにドーパント源となる不純物を含有した液状体材料を用いるようにすれば、取り扱いが容易であり、また、大型の装置を必要とすることなく塗布などが可能となるため、ソース・ドレイン領域を低コストで形成することができる。

【0018】

さらにこの場合、前記半導体層の形成材料の基体上への塗布を、液滴吐出法で行うようにすれば、フォトリソグラフィ工程や材料の無駄を省くことができ、低コスト化を図ることができる。

【0019】

また、前記のトランジスタの製造方法においては、前記液状体材料の基体上への塗布を、液滴吐出法で行うのが好ましい。

このようにすれば、フォトリソグラフィ工程や材料の無駄を省くことができ、低コスト化を図ることができる。

【0020】

本発明の電気光学装置は、前記の製造方法によって得られたトランジスタを備えてなることを特徴としている。

この電気光学装置によれば、低コストでしかも特性向上が図られたトランジスタを備えてなるので、電気光学装置自体も低コスト化および特性向上が図られたものとなる。

【0021】

本発明の電子機器は、前記の電気光学装置を備えてなることを特徴としている。

この電子機器にあっても、低コスト化および特性向上が図られたものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明を詳細に説明する。

本発明のトランジスタの製造方法は、シリコン層と、このシリコン層上に設けられたゲート絶縁膜とを備えたトランジスタ（例えば薄膜トランジスタ；TFT）を製造するに際して、特にシリコン層の形成材料として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料を用いるとともに、この液状体材料からゲート絶縁膜も同時に形成するようにした方法である。

【0023】

前記の液状体材料についてその具体的な使用形態としては、例えば光重合性を有するシラン化合物の溶液に、紫外線（以下、「UV」と記すこともある。）を照射して前記シラン化合物を高次シランに光重合させておき、これにより光重合体としての高次シランを含有した液状体として用いるのが好ましい。かかる高次シランは、このように光重合性を有するという特定のシラン化合物の溶液にUVが照射されて該シラン化合物が光重合することにより形成されたもので、その分子量が従来のシリコン層作製方法で用いられている高次シラン（例えば、 Si_6H_{14} であれば分子量は182）に比しても比較にならない程大きなもの（1800程度までの分子量のものが確認されている）である。このような巨大な分子量を持つ高次シランはその沸点が分解点よりも高く、蒸発してなくなる前に膜を形成することができるため、従来のシリコン層作製法よりも効果的にシリコン層の形成を行うことができる。なお、実際にこのような高次シランを加熱すると、沸点に達する以前に分解してしまうため、分解点より高い沸点は実験的に決めることはできない。しかし、ここでは蒸気圧の温度依存性や、理論計算によって求めた理論値としての常圧での沸点を意味している。

【0024】

また、このような高次シランを含有した液状体を用いれば、この高次シランの沸点が分解点より高いという性質から、従来のように蒸発してしまう前に急いで高温で加熱するといった必要がない。つまり、昇温速度を穏やかにしたり、減圧しながら比較的低温で加熱するといったプロセスが可能となる。このことは、シリコン層を形成する場合のシリコン同士の結合スピードを制御できるだけでなく、シリコン層を形成するほど高温ではないが溶媒の沸点よりは高い温度を維持するといった方法によって、シリコン層中からシリコンの特性劣化の原因となる溶媒を従来の方法よりも効率良く減らすことが可能となることを意味する。

【0025】

本発明のトランジスタの製造方法においては、前記の高次シランを含有した液状体材料を塗布材料として使用することにより、該液状体材料を塗布したあと、熱、光、レーザー処理等による熱処理及び／又は光照射処理を行うことにより、シリコン層を形成することができ、したがって後述するように薄膜トランジスタを容易且つ安価に製造することが可能になる。

【0026】

光重合して形成する高次シランとしては、前述したようにその沸点がその分解点よりも高いことが好ましい。このような沸点が分解点よりも高い高次シランは、前駆体であるシラン化合物として後述の好ましいシラン化合物を選定したり、照射するUVとして後述の好ましい波長のUV、および照射時間、照射方法、照射エネルギー、および用いる溶媒およびUV照射後の精製方法を選定すること等により、容易に得ることができる。

【0027】

また、この高次シランについては、その分子量分布を、UVの照射時間や照射量、照射方法によってコントロールすることができる。さらに、この高次シランは、シラン化合物へのUV照射後に、一般的な重合体の精製法であるGPCなどを用いて分離精製することで、任意の分子量の高次シラン化合物を取り出すことができる。また、分子量の異なる高次シラン化合物の間での溶解度の差を利用して精製を行うこともできる。また、分子量の異なる高次シラン化合物の間での、常圧または減圧下での沸点の差を利用して分留による精製を行うこともできる。このようにして、液状体材料中の高次シラン化合物の分子量のコントロールを行うことで、より特性バラツキが抑えられた良質のシリコン層を得ることができるようになる。

【0028】

高次シランは、その分子量が大きくなればなるほど沸点が高くなり、また溶媒に対する溶解度も減少していく。このため、UVの照射条件によっては光重合後の高次シランが溶媒に溶解しきれずに析出することがあるので、その場合にはマイクロフィルターなどを用いたろ過などによって不溶成分を除去し、高次シランを精製することができる。

シラン化合物の溶液に照射する紫外線（UV）は、該溶液に用いる溶媒を分解しない波長のものが好ましく、具体的には、その波長が250nm以上、特に300nm以上であることが好ましい。本発明において、「溶媒を分解しない波長」とは、紫外線の照射によって溶媒分子中の化学結合が切断されない程度の波長を意味する。前記の波長域のUVを用いることにより、溶媒に起因する炭素原子などの不純物原子が熱処理及び／又は光照射処理後のシリコン層に混入することを防ぐことができ、より特性の良いシリコン層を得ることができるようになる。

【0029】

UVの照射時間は、所望の分子量分布の高次シランが得られる点で、0.1秒～120分、特に1～30分であるのが好ましい。

また、UVの照射方法としては、所望の分子量分布の高次シランが得られる点で、シラン化合物を溶媒で希釈してから照射したり、シラン化合物の溶液を攪拌しながら溶液全体に均一にUVの照射を行うのが好ましい。

【0030】

また、このような高次シランの前駆体であるシラン化合物を含有する前記液状体材料に

ついては、その粘度および表面張力を、形成する高次シランの分子量分布に関する前記調整方法とともに溶媒を調整することにより、容易にコントロールすることができる。これは、液状体からシリコン層を形成する場合、その最大のメリットとして液滴吐出法を用いたパターンニング法が採用できる点が挙げられるが、この液滴吐出法によるパターンニングにおいて、前述したように粘度および表面張力が溶媒によって容易にコントロール可能であることが、非常に有利な点として作用する。

【0031】

前記高次シランの前駆体となるシラン化合物としては、UVの照射により重合し得るという光重合性を有する限り特に制限されず、例えば、一般式 Si_nX_m (ここで、 n は3以上の、また m は4以上のそれぞれ独立な整数を示し、 X は水素原子及び／又はハロゲン原子等の置換基を示す。) で表されるシラン化合物等が挙げられる。

【0032】

このようなシラン化合物としては、一般式 Si_nX_{2n} (式中、 n は3以上の整数を示し、 X は水素原子及び／又はハロゲン原子を示す。) で表される環状のシラン化合物や、一般式 $\text{Si}_n\text{X}_{2n-2}$ (式中、 n は4以上の整数を示し、 X は水素原子及び／又はハロゲン原子を示す。) で表される環状構造を2個以上有するシラン化合物の他、分子内に少なくとも一つの環状構造を有する水素化珪素及びそのハロゲン置換体等、本発明に係る紫外線照射による光重合プロセスを適用し得る、光重合性を有するシラン化合物の全てが挙げられる。

【0033】

具体的には、1個の環状構造を有するものとして、シクロトリシラン、シクロテトラシラン、シクロペンタシラン、シクロヘキサシラン、シクロヘプタシラン等が挙げられ、2個の環状構造を有するものとして、1, 1'-ビシクロブタシラン、1, 1'-ビシクロペンタシラン、1, 1'-ビシクロヘキサシラン、1, 1'-ビシクロヘプタシラン、1, 1'-シクロブタシリルシクロペンタシラン、1, 1'-シクロブタシリルシクロヘキサシラン、1, 1'-シクロブタシリルシクロヘプタシラン、1, 1'-シクロペンタシリルシクロヘキサシラン、1, 1'-シクロペンタシリルシクロヘプタシラン、1, 1'-シクロヘキサシリルシクロヘプタシラン、スピロ[2, 2]ペンタシラン、スピロ[3, 3]ヘプタタシラン、スピロ[4, 4]ノナシラン、スピロ[4, 5]デカシラン、スピロ[4, 6]ウンデカシラン、スピロ[5, 5]ウンデカシラン、スピロ[5, 6]ウンデカシラン、スピロ[6, 6]トリデカシラン等が挙げられ、その他にこれらの骨格の水素原子を部分的に SiH_3 基やハロゲン原子に置換したケイ素化合物を挙げることができる。これらは2種以上を混合して使用することもできる。

【0034】

これら化合物のうち、分子内の最低一箇所に環状構造を有するシラン化合物は光に対する反応性が極度に高く、光重合が効率よく行えるという点から、これを原料として用いるのが好ましい。その中でも、シクロテトラシラン、シクロペンタシラン、シクロヘキサシラン、シクロヘプタシラン等の Si_nX_{2n} (式中、 n は3以上の整数を示し、 X は水素原子及び／又はフッ素原子、塩素原子、臭素原子、沃素原子等のハロゲン原子を示す。) で表されるシラン化合物は、以上の理由に加えて合成、精製が容易である利点を有するため特に好ましい。

【0035】

なお、シラン化合物としては、前述の環状構造を有するシラン化合物が好ましいものの、本発明に係る紫外線照射による光重合プロセスを阻害しない限りにおいては、必要に応じて、 n -ペンタシラン、 n -ヘキサシラン、 n -ヘプタシラン等のシラン化合物や、ホウ素原子及び／又はリン原子等により変性された変性シラン化合物等を併用しても構わない。

【0036】

本発明における液状体材料に用いられる溶媒としては、前記シラン化合物が光重合されたことにより形成された高次シランを溶解し、かつ該化合物と反応しないものであれば特

に限定されない。かかる溶媒は、高次シランの前駆体である前記シラン化合物の溶液を形成するための溶媒としてUV照射前の段階から使用され、通常、室温での蒸気圧が0.001～200mmHgのものが用いられる。蒸気圧が200mmHgより高いものでは、コーティングで塗膜を形成する場合に溶媒が先に蒸発してしまい、良好な塗膜を形成することが困難になるからである。一方、蒸気圧が0.001mmHgより低いものでは、同様にコーティングで塗膜を形成する場合に乾燥が遅くなり、高次シランのコーティング膜中に溶媒が残留し易くなって、後工程の熱処理及び／又は光照射処理後にも良質のシリコン層が得られ難くなるからである。

【0037】

また、前記溶媒としては、その常圧での沸点が室温以上であり、高次シランの分解点である250℃～300℃よりも低いものを用いることが好ましい。高次シランの分解点よりも低い溶媒を用いることにより、塗布後、加熱によって高次シランを分解することなく溶媒のみを選択的に除去することができるため、シリコン層に溶媒が残留するの防止することができ、より良質の膜を得ることができるからである。

【0038】

液状体材料に使用される溶媒、すなわちUV照射前ではシラン化合物溶液中の溶媒であり、UV照射後は高次シラン溶液中の溶媒となるものの具体例としては、n-ヘキサン、n-ヘプタン、n-オクタン、n-デカン、ジシクロペンタン、ベンゼン、トルエン、キシレン、デュレン、インデン、テトラヒドロナフタレン、デカヒドロナフタレン、スクワランなどの炭化水素系溶媒の他、ジプロピルエーテル、エチレングリコールジメチルエーテル、エチレングリコールジエチルエーテル、エチレングリコールメチルエチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールメチルエチルエーテル、テトラヒドロフラン、テトラヒドロピラン、1,2-ジメトキシエタン、ビス(2-メトキシエチル)エーテル、p-ジオキサンなどのエーテル系溶媒、さらにプロピレンカーボネート、γ-ブチロラクトン、N-メチル-2-ピロリドン、ジメチルホルムアミド、アセトニトリル、ジメチルスルホキシドなどの極性溶媒が挙げられる。

【0039】

これらのうち、高次シランの溶解性および該溶液の安定性の点で、炭化水素系溶媒、エーテル系溶媒が好ましく、中でも、炭化水素系溶媒が特に好ましい。これらの溶媒は、単独でも、あるいは2種以上の混合物としても使用することができる。特に炭化水素系溶媒は、高次シランの溶解性を向上させ、後述する熱処理や紫外線照射処理時の高次シランの残留を抑制する観点から好適である。

【0040】

また、紫外線を照射してシラン化合物を高次シランに光重合させる前に、前記シラン化合物の溶液(液状体材料)中にドーパント源となる不純物、例えば周期律表の第3B族元素を含む物質又は周期律表の第5B族元素を含む物質を添加しておいてもよい。このような液状体材料を用いれば、UVを照射することによって分子レベルでドーパントと高次シランとの結合を引き起こすことができ、したがってその溶液を基板に塗布し、熱処理及び／又は光照射処理を行うことにより、性能の良いn型あるいはp型にドーブされたシリコン層を形成することができる。

また、このような物質を添加した高次シラン溶液を用いてシリコン層を形成すると、高次シランの沸点が高いため蒸発しにくく、その結果ドーパント源の蒸発を抑えることができ、したがって従来の方法より効率良くシリコン層中にドーパントを導入することができる。

また、かかるプロセスで形成したドーブシリコン層は、加熱等のステップにより、更なる特性向上を図ることができる。特に、この物質を含むシラン化合物の溶液から形成した高次シラン溶液を基板に塗布した後、後述の熱処理及び／又は光照射処理を行うことにより、かかる物質(ドーパント)を活性化することができる。

【0041】

なお、紫外線を照射してシラン化合物を高次シランに光重合させた後、この液状体材料中に前記ドーパント源となる不純物を添加しておいてもよい。このようにしても、この液状体材料（高次シラン溶液）を基板に塗布した後、後述の熱処理及び／又は光照射処理を行うことにより、かかる物質（ドーパント）を活性化することができる。

周期律表の第3B族元素を含む物質や周期律表の第5B族元素を含む物質（ドーパント源）としては、リン（P）、ホウ素（B）、砒素（As）等の元素を含む物質で、具体的には、特開2000-31066号公報に挙げられているような物質が例示される。

【0042】

本発明の製造方法に用いられる高次シラン溶液（液状体材料）は、前述の通り特定の手法により得られる高次シランを溶質として含有した溶液であり、溶媒としては前記例示のものからなる。溶質濃度としては、通常1～80重量％程度であり、所望のシリコン層厚に応じて調製することができる。80重量％を超えると、高次シランが析出しやすくなり、均一な塗布膜を得るのが困難になる。

【0043】

また、この高次シラン溶液は、その粘度が通常1～100mPa・sの範囲に調製可能となるが、塗布装置や目的の塗布膜厚に応じて、その粘度を適宜選択することができる。粘度が1mPa・sより小さくなるとコーティングが困難になり、100mPa・sを超えると均一な塗布膜を得ることが困難になる。

【0044】

なお、前記高次シラン溶液には、目的の機能を損なわない範囲で必要に応じてフッ素系、シリコン系、ノニオン系などの表面張力調節材を微量添加することができる。このノニオン系表面張力調節材は、溶液の塗布対象物への濡れ性を良好化し、塗布した膜のレベルリング性を改良し、塗膜のぶつぶつの発生、ゆず肌の発生などの防止に役立つものである。

【0045】

このような液状体材料、すなわちUV照射処理後の高次シラン溶液を用意したら、図1(a)に示すようにこれとは別に基板（基体）1を用意する。使用する基板1として特に限定されないことなく、通常の石英、ホウ珪酸ガラス、ソーダガラスの他、金、銀、銅、ニッケル、チタン、アルミニウム、タンゲステンなどの金属基板や、プラスチック基板など、製造するトランジスタの用途に応じて適宜選択される。なお、ここでいう基板（基体）1とは、ガラス等の基板上に絶縁膜等の各種構成要素を形成したものも含めたものである。

【0046】

次に、図1(b1)、(b2)に示すように、前記基板1上に液状体材料2を塗布して塗布膜3を形成する。ここで、液状体材料2は前述したUV照射処理後の高次シラン溶液である。ただし、本発明はこれに限定されることなく、UV照射処理前の液状体材料（シラン化合物溶液）を塗布し、その後UV照射処理を行って溶液中に高次シランを形成するようにしてもよい。

液状体材料2の塗布方法としては、スピコート法、ロールコート法、カーテンコート法、ディップコート法、スプレー法、液滴吐出法等の方法を用いることができるが、特に液滴吐出法を採用するのが、フォトリソグラフィ工程や材料の無駄を省いて低コスト化を図ることができ、好ましい。なお、図1(b1)ではスピコート法等によって形成された塗布膜3を示し、図1(b2)ではインクジェット法等の液滴吐出法によって形成された塗布膜3を示している。

【0047】

ここで、スピコート法を用いる場合のスピナーの回転数については、形成するシリコン層の厚みや塗布溶液組成によって決まるが、一般には100～5000rpm、好ましくは300～3000rpmとされる。

また、インクジェット法（液滴吐出法）は、例えば図2(a)、(b)に示す液滴吐出ヘッド34を用いて液滴を吐出し、所望位置に所望量（微小量）の液滴を配する方法であ

り、予め設定された大きさやパターンで塗布膜 3 を形成することができる。

【0048】

液滴吐出ヘッド 34 は、図 2 (a) に示すように例えばステンレス製のノズルプレート 12 と振動板 13 とを備え、両者を仕切部材 (リザーバプレート) 14 を介して接合したものである。ノズルプレート 12 と振動板 13 との間には、仕切部材 14 によって複数の空間 15 と液溜まり 16 とが形成されている。各空間 15 と液溜まり 16 の内部は液状材料で満たされており、各空間 15 と液溜まり 16 とは供給口 17 を介して連通したものとなっている。また、ノズルプレート 12 には、空間 15 から液状材料を噴射するためのノズル孔 18 が縦横に整列させられた状態で複数形成されている。一方、振動板 13 には、液溜まり 16 に液状材料を供給するための孔 19 が形成されている。

【0049】

また、振動板 13 の空間 15 に対向する面と反対側の面上には、図 2 (b) に示すように圧電素子 (ピエゾ素子) 20 が接合されている。この圧電素子 20 は、一対の電極 21 の間に位置し、通電するとこれが外側に突出するようにして撓曲するよう構成されたものである。そして、このような構成のもとに圧電素子 20 が接合されている振動板 13 は、圧電素子 20 と一体になって同時に外側へ撓曲するようになっており、これによって空間 15 の容積が増大するようになっている。したがって、空間 15 内に増大した容積分に相当する液状材料が、液溜まり 16 から供給口 17 を介して流入する。また、このような状態から圧電素子 20 への通電を解除すると、圧電素子 20 と振動板 13 はともに元の形状に戻る。したがって、空間 15 も元の容積に戻ることから、空間 15 内部の液状材料の圧力が上昇し、ノズル孔 18 から基板に向けて液状材料の液滴 22 が吐出される。

【0050】

このようなスピンコート法や液滴吐出法等による液状体材料の塗布にあたっては、通常、液状体材料の酸化を防ぐため、酸素濃度が 10 ppm 程度以下であり、さらに水のない不活性雰囲気 (窒素やヘリウム、アルゴン等の雰囲気) で行う。なお、必要に応じて水素などの還元性ガスを混入させた雰囲気で行ってもよい。また、室温以下の温度では高次シランの溶解性が低下して一部析出するおそれがあるため、室温以上の温度で行うのが好ましい。

【0051】

このようにして前記液状体材料 2 から塗布膜 3 を形成したら、図 1 (c1)、(c2) に示すようにこの塗布膜 3 をその表面のみ酸化させて酸化膜 4 とする。ここで、塗布膜 3 をその表面のみ選択的に酸化させる方法としては、以下の二つの方法が挙げられる。

第 1 の方法は、前記塗布膜 3 を酸素又はオゾンからなる雰囲気暴露してその表面のみを酸化させる方法である。

第 2 の方法は、前記塗布膜 3 を、不活性雰囲気中に酸素又はオゾンを所定量含有した酸化性不活性雰囲気、熱処理及び／又は光照射処理する方法である。

【0052】

まず、第 1 の方法について説明すると、この方法では、例えば前記塗布液 3 を形成した基板 1 を収容したチャンバー内に所定量の酸素及び／又はオゾンを導入し、このチャンバー内を酸素又はオゾンからなる酸化性不活性雰囲気にする。そして、このように塗布膜 3 を酸化性不活性雰囲気下に所定時間暴露することにより、図 1 (c1)、(c2) に示したように前記塗布膜 3 の表面のみを酸化させ、酸化膜 4 を形成する方法である。ここで、酸素又はオゾンからなる酸化性不活性雰囲気とは、窒素等の不活性ガス中に酸素又はオゾンが含有される雰囲気をいう。そして、酸素又はオゾンとは、酸素のみであっても、オゾンのみであっても、酸素とオゾンとが共存する混合状態であってもよい。

【0053】

なお、形成する酸化膜 4 については、酸素濃度 (またはオゾン濃度)、暴露時間を制御することによってその厚さを任意にコントロールすることができる。すなわち、図 1 (c1) に示した例では、基板面積を S 、形成する酸化膜 4 の膜厚を t 、酸化膜 4 の密度を ρ ($\approx 2 \text{ g/cm}^3$) とし、導入するガスを酸素とすると、 SiO_2 の分子量が 60、常温

常圧（24℃、1気圧）での酸素1molあたりの体積が22.4lであるので、

$(S \times t \times \rho / 60 \times 22.4)$ lの酸素を液体シリコン材料に完全に吸収させることにより、焼成後に厚さtの膜を作製することができる。

例えば、4インチウエハに100nmの酸化膜を作りたい場合には、580 μ lの酸素が必要であるので、例えば容積1lのチャンバー内を580ppmにしておき、この中に基板を十分な時間放置することにより、丁度厚さ100nmの酸化膜を作製することができる。

【0054】

また、導入するガスとしてオゾンを用いることもでき、その場合に、例えば市販のオゾン発生器を用い、これからチャンバー内に所定量のオゾンを供給することができる。なお、チャンバー内に酸素とオゾンとを共に導入し、これらが混在した状態で酸化性不活性雰囲気を形成してもよい。その場合に、そのオゾン濃度を高くすることで酸化性不活性雰囲気の酸化力を高めることができる。このように酸化力を高めることにより、塗布膜3表面の酸化をより効率的にしてその処理時間を短くすることができ、また、緻密で絶縁耐性、界面特性にも優れた酸化膜4を形成することができる。

【0055】

そして、この第1の方法では、このように酸化膜4を形成した後、再度この基板1を不活性雰囲気下におき、ここで熱処理及び／又は光照射処理することにより、図1（d1）、（d2）に示すように塗布膜3をシリコン層5とこれの上に形成されたシリコン酸化層6とに形成する。

なお、前記の塗布膜3を酸化性不活性雰囲気下に暴露し、塗布膜3の表面のみを酸化させる工程においては、塗布膜3を形成した基板（基体）1に紫外線を照射するようにしてもよい。このように紫外線を照射することにより、酸化性不活性雰囲気中に酸素が存在する場合には、この酸素を反応させてオゾンを生成することにより、前記雰囲気中のオゾン濃度を高め、その酸化力を高めることができる。また、基板1上の塗布膜3にも紫外線が照射されることにより、該塗布膜3と酸素やオゾンとの反応を促進してその酸化処理時間を短縮し、さらに、得られる酸化膜4を緻密で絶縁耐性、界面特性に優れた良好なものにすることができる。

【0056】

一方、第2の方法では、例えば前記第1の方法において基板1を収容したチャンバー内に所定量の酸素又はオゾンを導入し、このチャンバー内を酸化性不活性雰囲気にしたら、その状態で長時間暴露することなく、熱処理及び／又は光照射処理を行うことにより、図1（d1）、（d2）に示すように塗布膜3をシリコン層5とこれの上に形成されたシリコン酸化層6とに変質させる。なお、この工程においても、前述したように塗布膜3を形成した基板（基体）1に紫外線を照射し、酸素からオゾンを生成したり、塗布膜3と酸素やオゾンとの反応を促進するようにしてもよい。

【0057】

ここで、塗布液3、すなわち前記高次シランの熱処理及び／又は光照射処理による、シリコン層5、シリコン酸化層6への変質について説明する。

前記方法によって得られるシリコン層5はアモルファス状あるいは多結晶状である。特に熱処理の場合、一般に到達温度が約550℃以下の温度ではアモルファス状、それ以上の温度では多結晶状のシリコン層5が得られる。したがって、アモルファス状のシリコン層5を得たい場合には、好ましくは300℃～550℃、より好ましくは350℃～500℃で熱処理を行う。到達温度が300℃未満の場合には、高次シランの熱分解が十分に進行せず、十分な厚さのシリコン層5を形成できないことがある。一方、多結晶状のシリコン層5を得たい場合には、例えば前述の方法で得られたアモルファス状シリコン層にレーザーを照射し、多結晶シリコン層に変質させることができる。レーザーを照射する場合の雰囲気については、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガス雰囲気、もしくはこれらの不活性ガスに水素などの還元性ガスを混入した雰囲気等、酸素を含まない雰囲気とするのが好ましい。

【0058】

一方、光照射処理については、高次シラン溶液からなる塗布膜3に対し、その溶媒除去前及び／又は溶媒除去後に、不活性ガス雰囲気中で行うことができる。溶媒に可溶な高次シランは、この光照射処理による反応によって溶媒不溶性の強靱な塗膜に変化するだけではなく、照射処理後、又はそれと同時に熱処理を行うことにより、光学的電気特性に優れたシリコン層に変換（変質）される。

【0059】

高次シラン（塗布膜3）をシリコン層5およびシリコン酸化層6に変換する際の光照射処理に使用する光源としては、低圧あるいは高圧の水銀ランプ、重水素ランプあるいはアルゴン、クリプトン、キセノン等の希ガスの放電光の他、YAGレーザー、アルゴンレーザー、炭酸ガスレーザー、XeF、XeCl、XeBr、KrF、KrCl、ArF、ArClなどのエキシマレーザーなどが使用される。

【0060】

これらの光源は、一般には10～5000Wの出力のものが用いられるが、通常100～1000Wで十分である。これらの光源の波長としては、高次シランが多少でも吸収するものであれば特に限定されないものの、通常170nm～600nmであり、特に吸収効率の点から170nm～380nmとするのが好ましい。この場合、溶媒を除去するまえに300nm以下の波長の光を照射すると、前述のようにそのエネルギーで溶媒分子内の原子間結合が切断され、溶媒に用いられている原子、例えば炭化水素系溶媒の炭素がシリコン層に含まれてしまうおそれがあるので、前記UVの照射は溶媒の除去を行った後に行うのが好ましい。また、多結晶シリコン層への変換効率の点でレーザー光の使用が特に好ましい。これらの光処理時の温度は、通常、室温～500℃であり、得られるシリコン層5の半導体特性に応じて適宜選択することができる。

【0061】

このようにしてシリコン層5およびシリコン酸化層6を形成したら、シリコン層5をチャンネル領域、さらにソース・ドレイン領域に形成し、またシリコン酸化層6をゲート酸化膜とし、さらにゲート電極やソース・ドレイン電極等のトランジスタに必須の構成要素を従来と同様にして作製することにより、薄膜トランジスタを形成することができる。

【0062】

このようなトランジスタの製造方法によれば、液状体材料2として、紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有したものをを用いるので、取り扱いが容易であり、また、大型の装置を必要とすることなく塗布などが可能となるため、シリコン層5を低コストで形成することができる。

また、前記第1の方法、第2の方法のいずれにおいても、塗布膜3をシリコン層5とこれの上に形成されたシリコン酸化層6とに同時に形成することができるので、シリコン層5を例えばチャンネル領域、シリコン酸化層6をゲート絶縁膜とすることにより、従来のごとくチャンネル領域等の形成とは別にCVD法や熱酸化法等によってゲート絶縁膜を形成したのを、一連の簡略なプロセスでこれらを同時に形成することができる。したがって、工程の簡略化とこれに伴う生産性向上、低コスト化を図ることができる。また、1000℃を越えるような高温での処理が不要になるため、プロセスの自由度を高めることができる。

また、このようにチャンネル領域等となるシリコン層5とゲート絶縁膜となるシリコン酸化層6とを全く同時に作製するため、これらを別々に成膜する従来のプロセスに比べ良好な層界面を得ることができ、したがって得られるトランジスタの特性向上を図ることができる。

【0063】

なお、このようにして得られた薄膜トランジスタは、例えば有機EL装置（有機ELディスプレイ）や液晶装置（液晶ディスプレイ）における駆動素子などとして好適に用いられるようになる。

図3は本発明のトランジスタの製造方法が適用されて作製された電気光学装置としての

有機EL装置を示す側断面図である。この有機EL装置の概略構成を説明する。

この有機EL装置301は、基板311、回路素子部321、画素電極331、バンク部341、発光素子351、陰極361（対向電極）、および封止基板371から構成された有機EL素子302に、フレキシブル基板（図示略）の配線および駆動IC（図示略）を接続したものである。回路素子部321は、TFTからなるアクティブ素子322が基板311上に形成され、複数の画素電極331が回路素子部321上に整列して構成されたものである。そして、各画素電極331間にはバンク部341が格子状に形成されており、バンク部341により生じた凹部開口344に、発光素子351が形成されている。陰極361は、バンク部341および発光素子351の上部全面に形成され、陰極361の上には封止用基板371が積層されている。

【0064】

有機EL素子を含む有機EL装置301の製造プロセスは、バンク部341を形成するバンク部形成工程と、発光素子351を適切に形成するためのプラズマ処理工程と、発光素子351を形成する発光素子形成工程と、陰極361を形成する対向電極形成工程と、封止用基板371を陰極361上に積層して封止する封止工程とを備えている。

【0065】

発光素子形成工程は、凹部開口344、すなわち画素電極331上に正孔注入層352および発光層353を形成することにより発光素子351を形成するもので、正孔注入層形成工程と発光層形成工程とを具備している。そして、正孔注入層形成工程は、正孔注入層352を形成するための第1組成物（液状体）を各画素電極331上に吐出する第1吐出工程と、吐出された第1組成物を乾燥させて正孔注入層352を形成する第1乾燥工程とを有し、発光層形成工程は、発光層353を形成するための第2組成物（液状体）を正孔注入層352の上に吐出する第2吐出工程と、吐出された第2組成物を乾燥させて発光層353を形成する第2乾燥工程とを有している。

【0066】

この有機EL装置301の製造において、特に基板311上にTFTからなるアクティブ素子322を製造するに際して、前述した本発明のトランジスタの製造方法が適用されている。

したがって、このようにしてアクティブ素子322が製造されてなる有機EL装置301にあつては、前述したように低コストでしかも特性向上が図られたトランジスタを備えてなるものとなり、よってこの有機EL装置301自体も低コスト化および特性向上が図られたものとなる。

【0067】

また、このような有機EL装置301等の電気光学装置は、電子機器に例えば表示部として備えられる。

図4は、このような電子機器の一例としての携帯電話を示す斜視図である。図4において符号1000は携帯電話本体を示し、符号1001は前記の有機EL装置301を用いた表示部を示している。

図4に示した電子機器（携帯電話）は、前記の有機EL装置からなる表示部1001を備えているので、特に表示部1001について低コスト化および特性向上が図られたものとなる。

【0068】

次に、本発明のトランジスタの製造方法を実験的に実施した例（実施例）を示す。なお、以下の実施例では、特に記述がない限り、処理は全て酸素濃度が1ppm以下の不活性雰囲気下で行った。

【0069】

（実施例1）

本発明のシラン化合物であるシクロテトラシラン30mlを、ヘキサン100mlに希釈した。

次に、得られたシラン化合物溶液（液状体材料）に対して高圧水銀ランプのUV光を、

200 mJ/cm² の強度で照射し、シクロテトラシランを光重合させてこれをポリマー化（高次シラン化）した。

この高次シラン溶液（液状体材料）10 ml を、図5（a）に示した4インチ石英基板50上に1000 rpmでスピンコートし、図5（b）に示すように塗布膜51を作製した。

次いで、この塗布膜51作製後の基板50を、酸素が500 μl存在するチャンバー内に30分間放置し、図5（c）に示すように塗布膜51の表面のみを自然酸化させて酸化膜52を形成した。

その後、再び基板50を窒素雰囲気下に戻し、塗布膜51を500℃の温度で1時間焼成した。

得られた膜の厚さをエリプソメータで測定したところ、図5（d）に示すように表面側に100 nmのSiO₂層52aが形成され、基板50側に150 nmのアモルファスシリコン層51aが形成されているのが確認された。

【0070】

（実施例2）

図5（a）～（d）に示したように、実施例1と同様にして塗布膜51を形成した後の基板50を、酸素が1000 μl存在するチャンバー内に30分間放置し、塗布膜51の表面のみを自然酸化させて酸化膜52を形成した。

その後、再び基板50を窒素雰囲気下に戻し、塗布膜51を500℃の温度で1時間焼成した。

得られた膜の厚さをエリプソメータで測定したところ、表面側に200 nmのSiO₂層52aが形成され、基板50側に50 nmのアモルファスシリコン層51aが形成されているのが確認された。

【0071】

（実施例3）

実施例1においてSiO₂層52aおよびアモルファスシリコン層51aを形成した基板50に対し、波長308 nmのエキシマレーザーを300 mJ/cm²のエネルギーで照射した。すると、基板50の表面が透明な黄色の薄膜となった。

この基板50上の薄膜のラマンスペクトルを測定したところ、518 cm⁻¹に鋭いピークが見られ、アモルファスシリコン層51aがポリシリコン層に変質していることが確認された。

再びエリプソメータで膜厚測定を行ったところ、基板50上の膜は、100 nmのSiO₂層52aと、150 nmのポリシリコン層とからなっていることが確認された。

【0072】

（実施例4）

実施例1と同様にして4インチ石英基板上に高次シラン溶液（液状体材料）を塗布し、塗布膜を作製した。

次いで、この塗布膜作製後の基板を、酸素が500 μl存在する酸化性不活性雰囲気下のチャンバー内に30分間放置した。続いて、チャンバー内の雰囲気をそのままにして、この基板を800℃で5時間焼成した。

焼成後、基板上を観察したところ、透明な黄色の薄膜が形成されていた。

この基板上の薄膜のラマンスペクトルを測定したところ、ポリシリコンのピークが観測され、これにより基板上にポリシリコン層が形成されているのが確認された。

得られた膜の厚さをエリプソメータで測定したところ、基板上の膜は、表面側に形成された100 nmのSiO₂層と、基板側に形成された150 nmのポリシリコン層とからなっていることが確認された。

【0073】

（実施例5）

実施例1で作製した溶液を用いてTFET素子の作製を行った。

まず、図5（a）に示した基板50としてガラス基板を用意した。そして、この基板5

0の表面を3分間オゾン洗浄機で処理して基板洗浄を行い、基板表面の液状体材料に対する濡れ性を向上させた。

次に、実施例1で作製したUV照射後の液状体材料、すなわち高次シラン溶液10mlを1500rpmで基板50上にスピコートし、図5(b)に示すように塗布膜51を作製した。

次いで、この塗布膜51作製後の基板50を、酸素濃度が2000ppmである酸化性不活性雰囲気チャンバー内に30分間放置し、図5(c)に示すように塗布膜51の表面のみを自然酸化させて酸化膜52を形成した。

その後、再び基板50を不活性雰囲気下に戻し、塗布膜51を800℃の温度で3時間焼成した。

得られた膜の厚さをエリプソメータで測定したところ、図5(d)に示すように表面側にゲート絶縁膜となる100nmのSiO₂層52aが形成され、基板50側にチャンネル層となる60nmのポリシリコン層51bが形成されているのが確認された。

【0074】

このようにしてポリシリコン層51bとこれの上に形成したSiO₂層52aとを、図6(a)に示すように公知のフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングし、さらにこれら積層膜の全面にアルミニウムをスパッタして導電膜53を形成した。

続いて、この導電膜53と前記SiO₂層52aとを公知のフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングし、図6(b)に示すようにゲート電極53aとゲート絶縁膜52bとを作製した。

次いで、作製したゲート電極53aをマスクにしてイオン注入を行い、図6(c)に示すように前記ポリシリコン層51bにソース・ドレイン領域51cを形成した。

次いで、基板50上にポリシラザンの溶液をスピコートし、続いて10%の酸素を含有した不活性雰囲気下にて450℃で30分間アニールを行い、層間絶縁膜54を基板50の全面に形成した。

次いで、この層間絶縁膜54を公知のフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングし、前記のソース・ドレイン領域51cに通じるコンタクトホール55、55を形成した(図6(d))。

その後、再び基板50の全面にアルミニウムをスパッタして導電膜を形成し、続いて、公知のフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングすることにより、図6(e)に示すようにソース・ドレイン電極56、56を形成し、ポリシリコンTF Tを作製した。

得られたTF Tの伝導特性を測定した結果、移動度は160cm²/Vsであった。

【0075】

(実施例6)

実施例1で作製した溶液を用いてTF T素子の作製を行った。

まず、図5(a)に示した基板50としてガラス基板を用意した。そして、この基板50の表面を3分間オゾン洗浄機で処理して基板洗浄を行い、基板表面の液状体材料に対する濡れ性を向上させた。

次に、実施例1で作製したUV照射後の液状体材料、すなわち高次シラン溶液10mlを1500rpmで基板50上にスピコートし、図5(b)に示すように塗布膜51を作製した。

次いで、この塗布膜51作製後の基板50を不活性雰囲気チャンバーへと搬入した。そして、このチャンバーの外からチャンバー内の基板50の全面に向けて強度200mJ/cm²、波長172nmのUV光を照射するとともに、このチャンバー内に、濃度が1500ppmとなるような量の酸素ガスを導入した。これにより、酸素の一部からUV光によってオゾンを生成させた。

次いで、UV光の照射を引き続き行いつつ、基板50をチャンバー内にて800℃で1時間焼成した。

得られた膜の厚さをエリプソメータで測定したところ、図5(d)に示すように表面側にゲート絶縁膜となる100nmのSiO₂層52aが形成され、基板50側にチャネル層となる60nmのポリシリコン層51bが形成されているのが確認された。

この膜を用いて、実施例5と同様のプロセスで薄膜トランジスタの作製を行い、得られたTFETの伝導特性評価を行ったところ、移動度は190cm²/Vsであり、また絶縁破壊電圧も向上していることが確認された。

【0076】

(実施例7)

図2(a)、(b)に示した液滴吐出ヘッド34を用いたインクジェット法(液滴吐出法)により、TFET素子の作製を行った。

まず、実施例1で作製したUV照射後の液状体材料、すなわち高次シラン溶液10mlにデカボランを100mg溶解させた。

次に、この溶液をインクジェット法を用いて図7(a)に示すようにガラス基板50上に3p1ずつ、10μm離して2箇所に出した。図7(a)中符号60は吐出された溶液からなる液部を示す。

次いで、基板50を減圧しながら50℃に加熱し、液部60、60中の溶媒であるヘキサンを除去した。

次いで、実施例1で作製した溶液(高次シラン溶液)3p1を、インクジェット法によって図7(b)に示すように先に吐出した液部60、60の間に吐出・着弾させ、液部61を形成した。

次いで、再び基板50を減圧しながら50℃に加熱し、溶媒であるヘキサンを液部61から除去した。

次いで、酸素濃度が100ppmの酸化性不活性雰囲気調整してあるチャンバーにこの基板50を移し、400℃で2時間加熱処理を行って表面のみを酸化し、これにより、図7(c)に示すように表面を酸化膜62とする、アモルファスシリコン層63およびドープシリコン層64を作製した。なお、アモルファスシリコン層63はチャネル領域となり、ドープシリコン層64はソース・ドレイン領域となる。

【0077】

次いで、基板50の全面にアルミニウムをスパッタして図7(d)に示すように導電膜65を形成し、さらにこの導電膜65をフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングし、図8(a)に示すように前記アモルファスシリコン層63上にゲート電極66を作製した。なお、このとき、金属微粒子を含む液体をインクジェット法によって吐出し、焼成することにより、フォトエッチング技術を用いずに直接ゲート電極パターンを形成する。

次いで、基板50上にポリシラザンの溶液をスピンコートし、続いて大気雰囲気下にて500℃で30分間アニールを行い、層間絶縁膜67を基板50の全面に形成した。

次いで、この層間絶縁膜67をフォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングし(図8(b))、前記のドープシリコン層64(ソース・ドレイン領域)に通じるコンタクトホール68、68を形成した。

その後、再び基板50の全面にアルミニウムをスパッタして図8(c)に示すように導電膜69を形成し、続いて、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術によってパターンニングすることで、図8(d)に示すようにドープシリコン層64に導通するソース・ドレイン電極70、70を形成し、アモルファスシリコンTFETを作製した。

得られたTFETの移動度を測定した結果、 5×10^{-1} cm²/Vsであった。

【0078】

(実施例8)

前記実施例7において、チャネル領域(アモルファスシリコン層63)の形成材料として、実施例1の溶液(高次シラン溶液)10mlに5塩化リンを3mg加えた溶液を用い、これをインクジェット法によって図7(b)に示したように先に吐出した液部60、60の間に吐出・着弾させ、液部61を形成した。

以降の工程は実施例 6 と同様に行い、PNP 型の TFT を作製した。
得られた TFT の移動度を測定した結果、 $8 \times 10^{-1} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。

【図面の簡単な説明】

【0079】

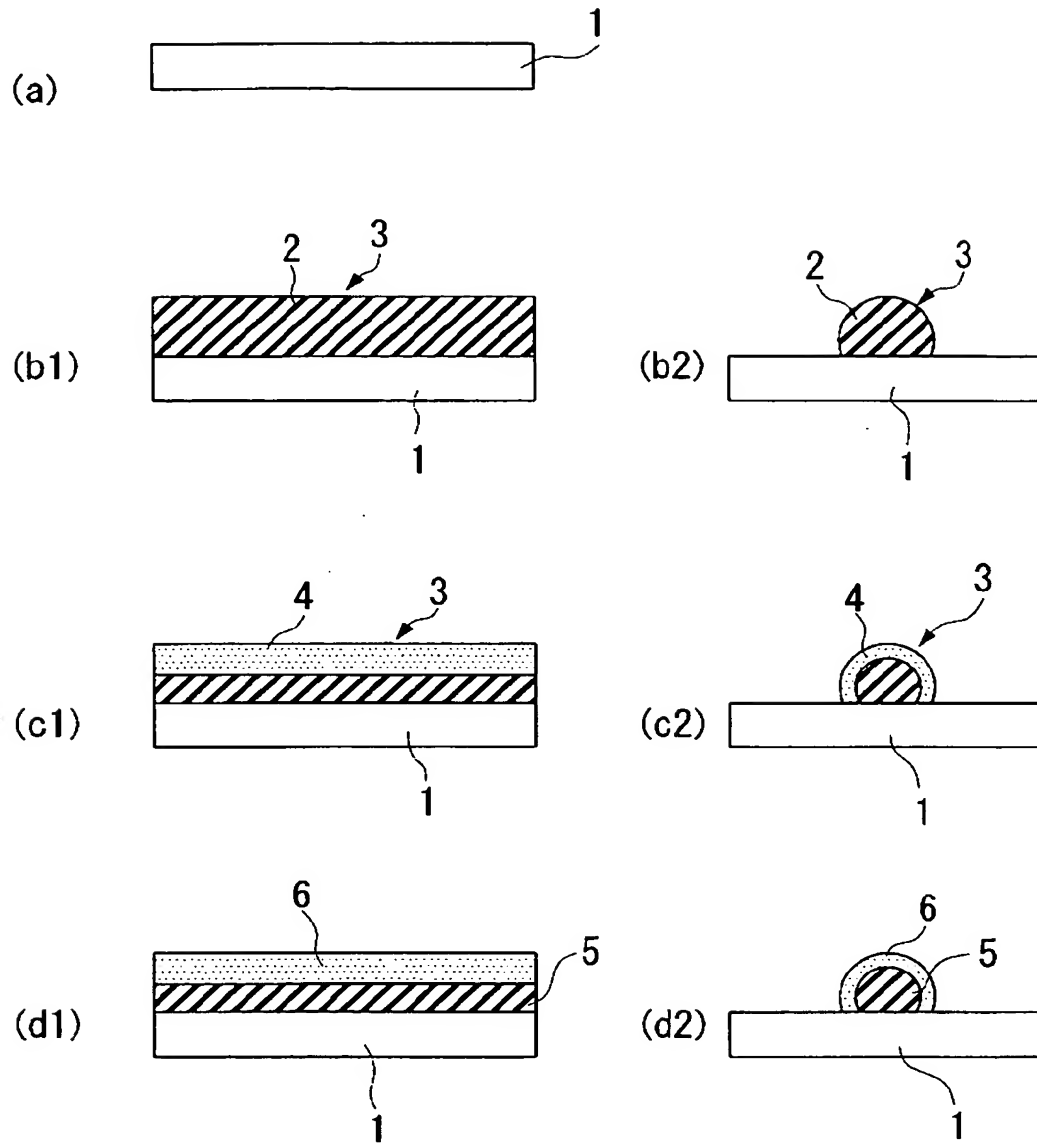
- 【図 1】 (a) ~ (d1、d2) は本発明の方法の工程説明図である。
- 【図 2】 (a)、(b) は吐出ヘッドの概略構成図である。
- 【図 3】 有機 EL 装置の側断面図である。
- 【図 4】 電子機器の一例を示す斜視図である。
- 【図 5】 (a) ~ (d) は本発明の方法の工程説明図である。
- 【図 6】 (a) ~ (e) は図 5 に続く本発明の方法の工程説明図である。
- 【図 7】 (a) ~ (d) は本発明の方法の別の工程説明図である。
- 【図 8】 (a) ~ (d) は図 7 に続く本発明の方法の工程説明図である。

【符号の説明】

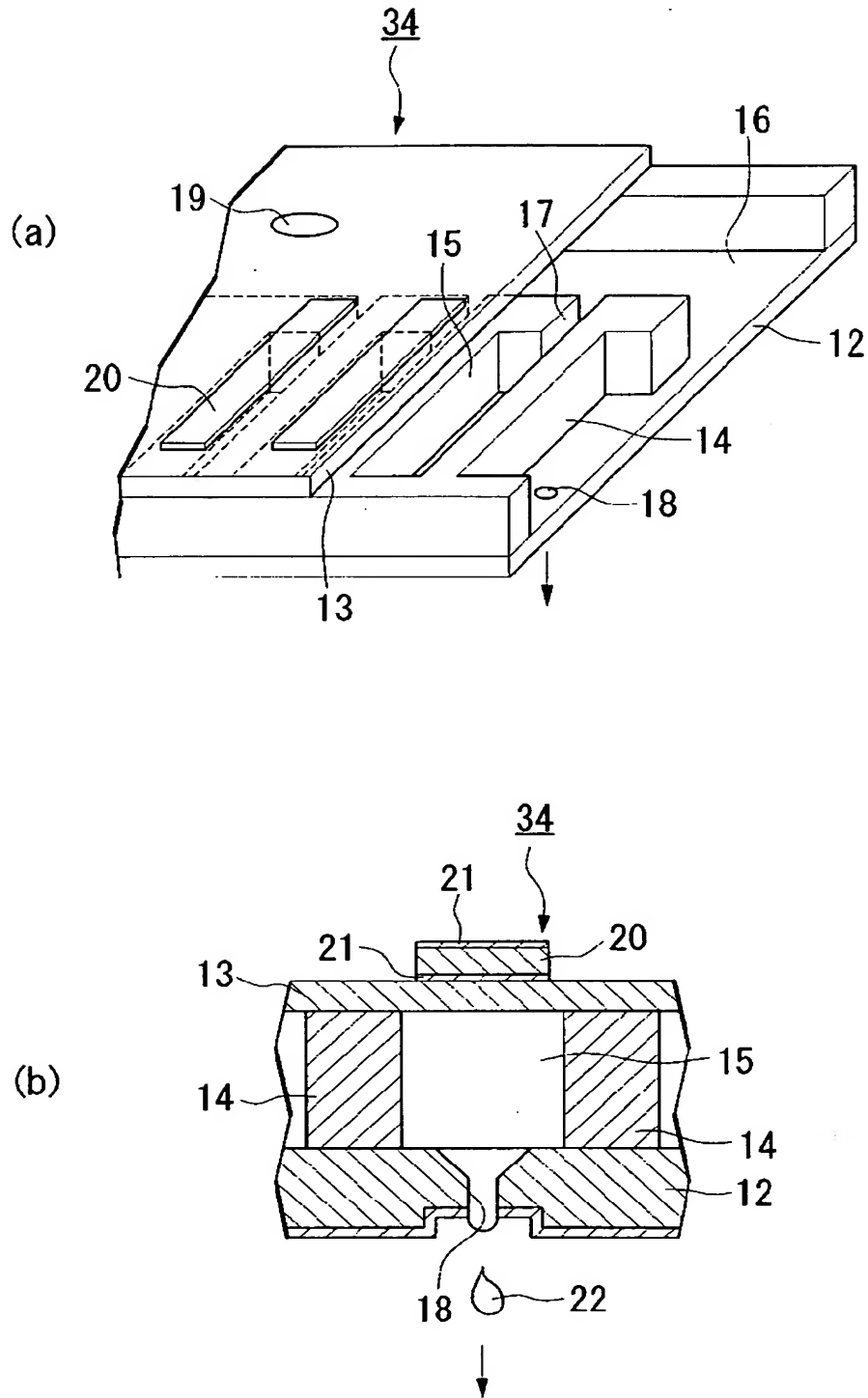
【0080】

- 1…基板（基体）、2…液状体材料、3…塗布膜、4…酸化膜、
- 5…シリコン層、6…シリコン酸化層

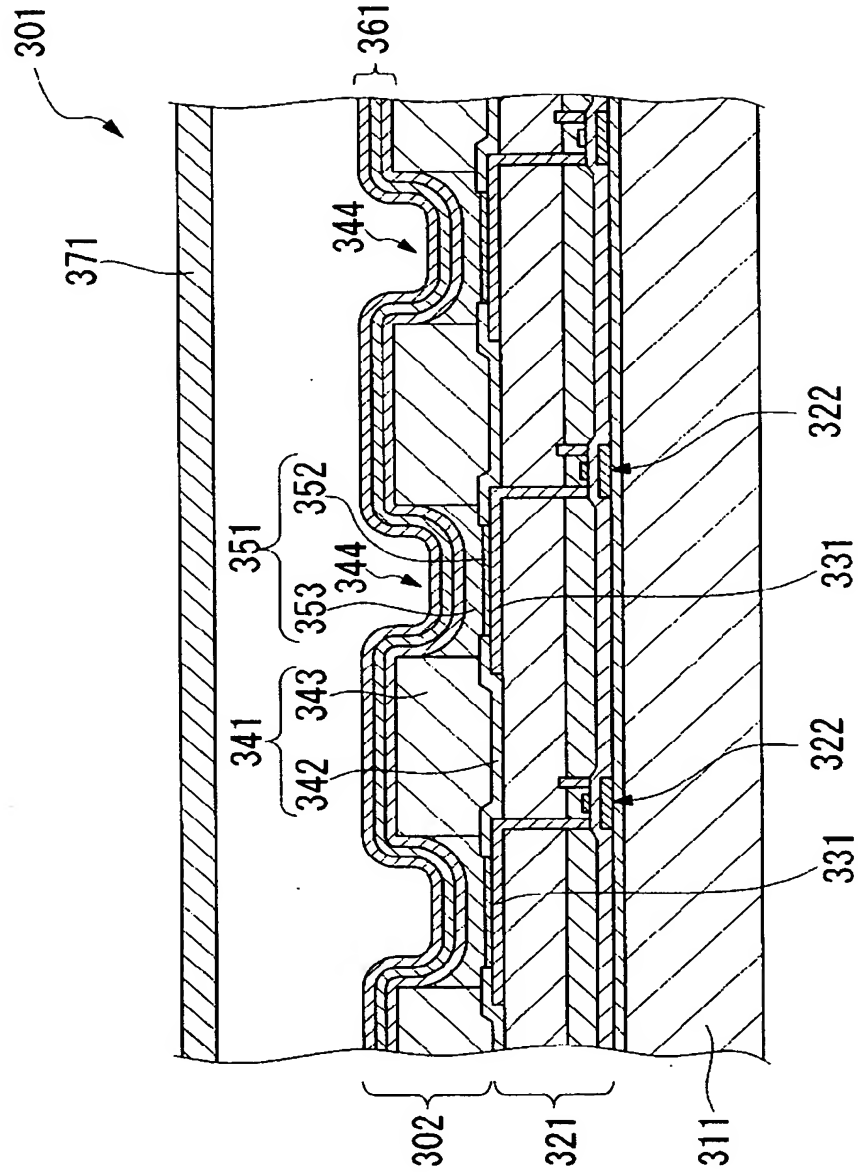
【書類名】 図面
【図 1】



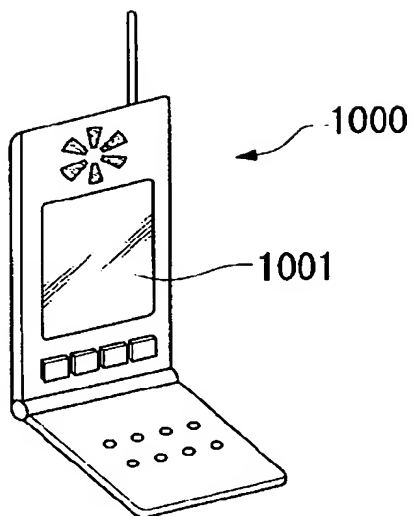
【図 2】



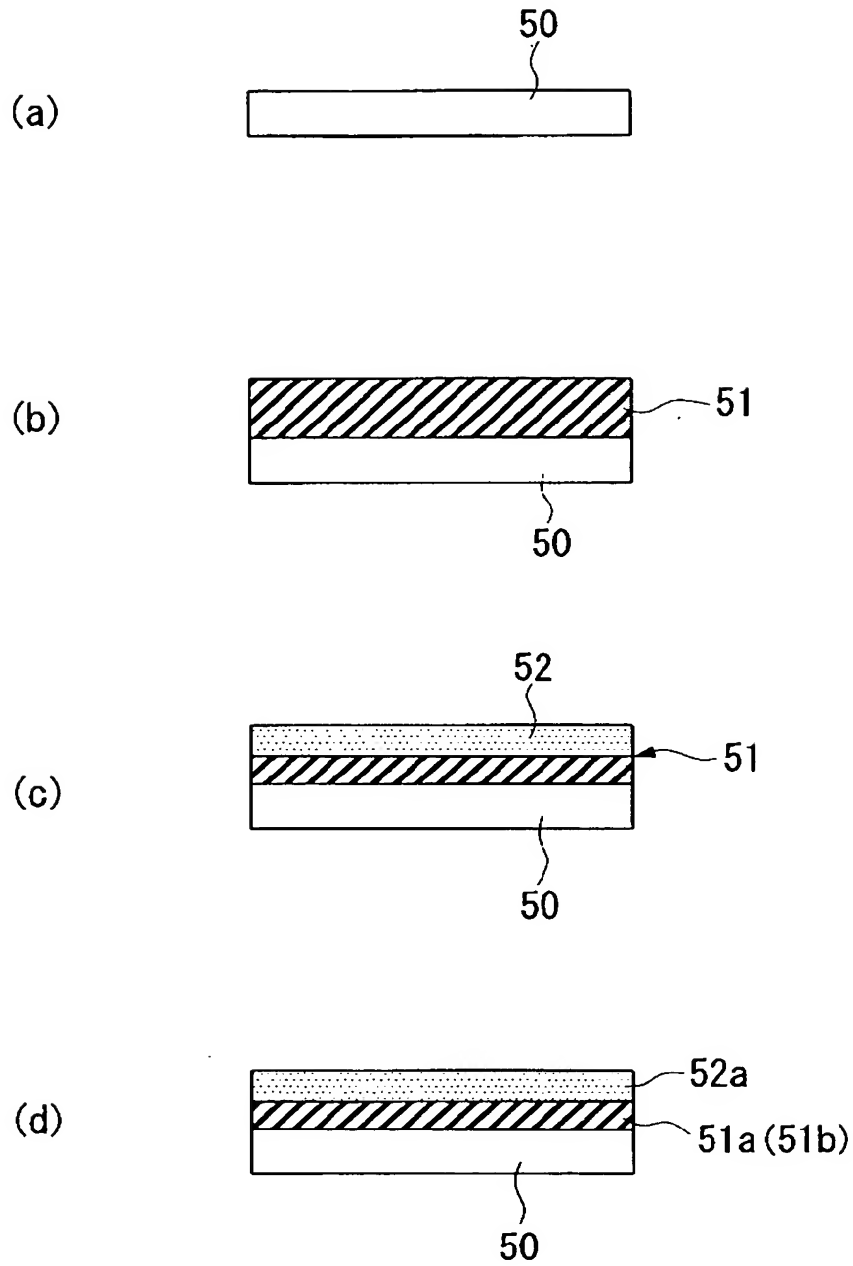
【図 3】



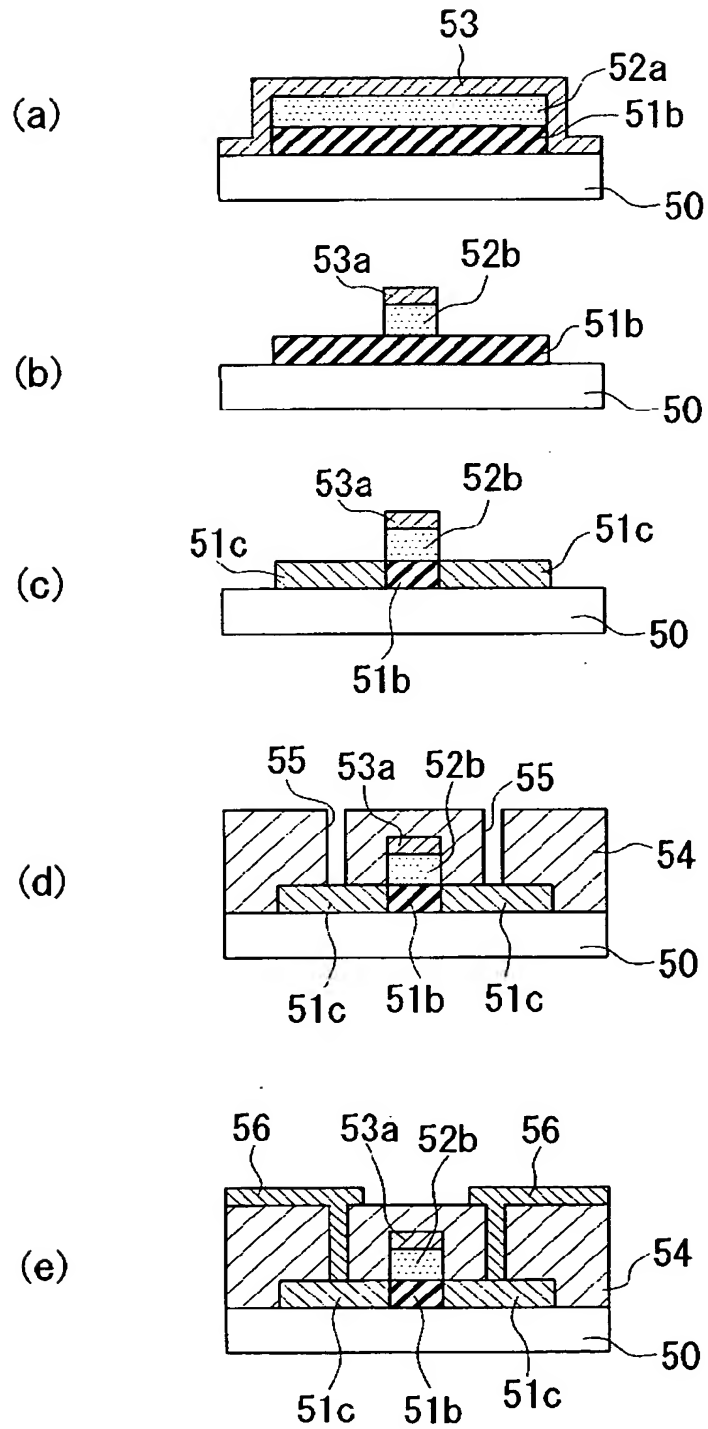
【図 4】



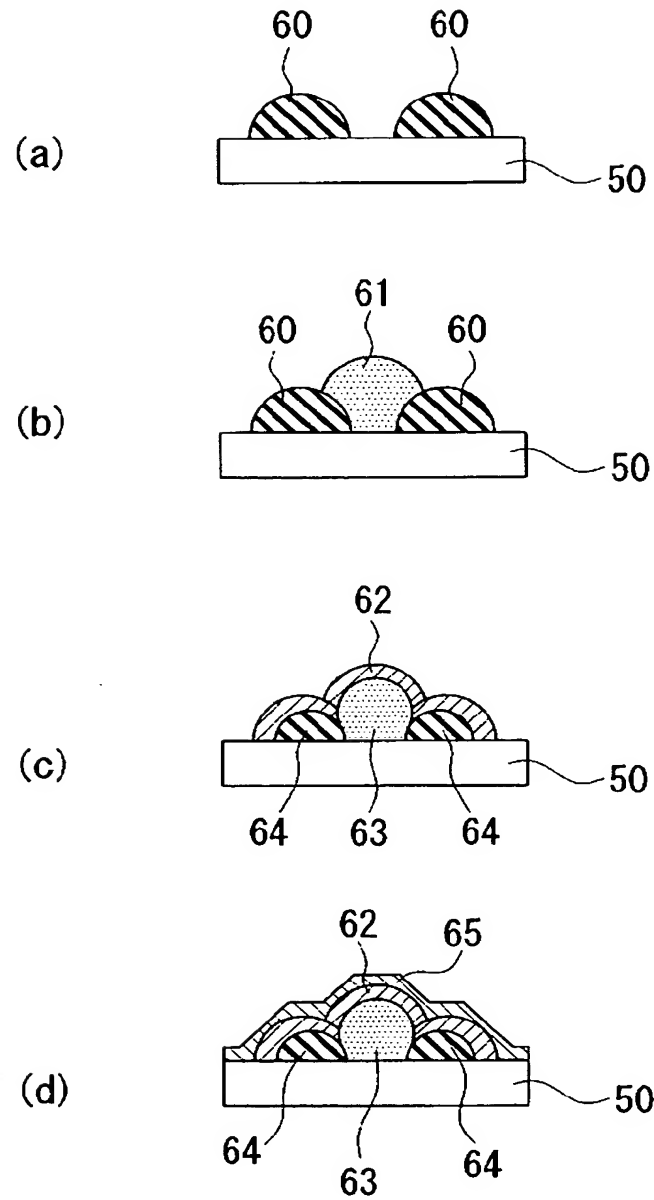
【図 5】



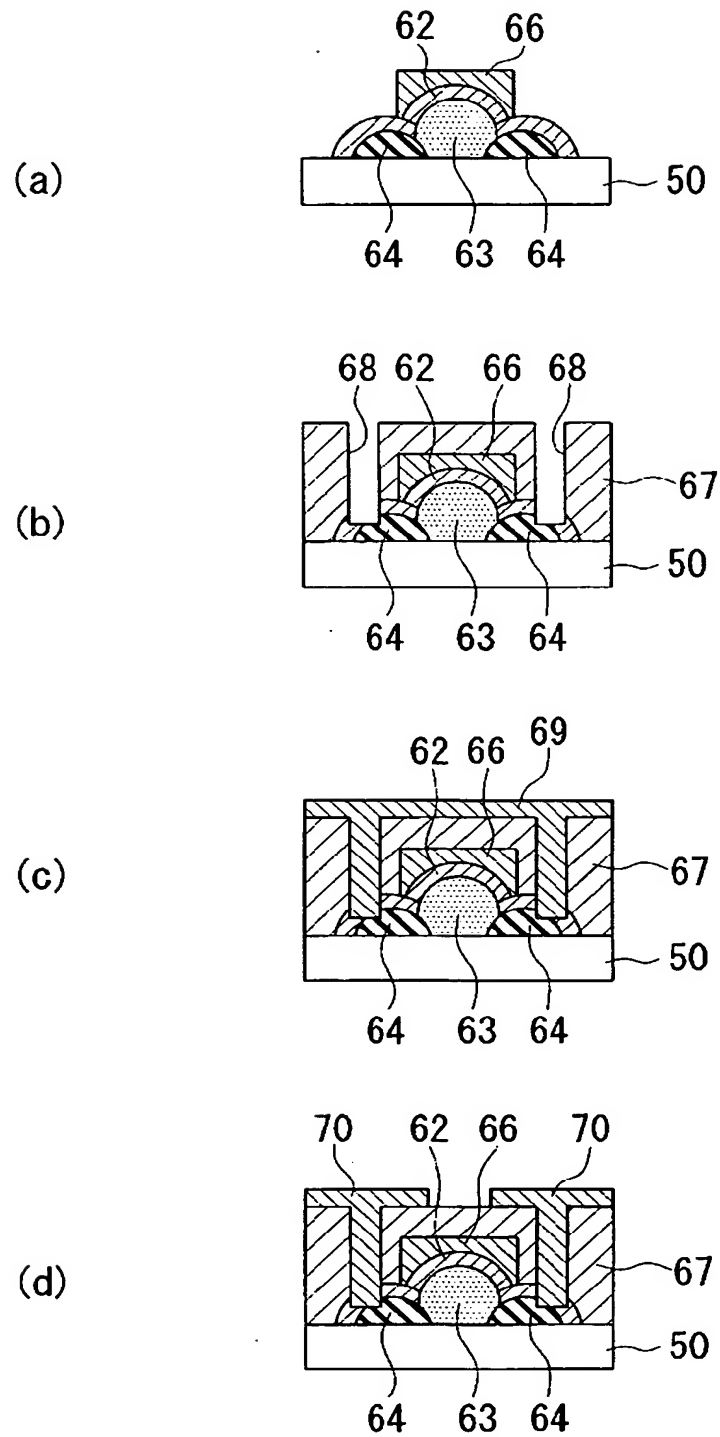
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 真の低コスト化を図り、かつ高温での処理をなくしてプロセスの自由度を高めるべく、液体シリコン材料を使ってチャネル層とゲート絶縁膜とを同時に作製するようにしたトランジスタの製造方法、およびこの製造方法によって得られるトランジスタを備えた電気光学装置、電子機器を提供する。

【解決手段】 紫外線が照射されることにより光重合して高次シランとなるシラン化合物を含有した液状体材料 2 を用意し、この液状体材料 2 を基体 1 上に塗布して塗布膜 3 を形成する工程と、塗布膜 3 を酸素又はオゾンからなる雰囲気暴露して、塗布膜 3 の表面を酸化させる工程と、表面酸化後の塗布膜 3 を不活性雰囲気中で熱処理及び／又は光照射処理し、塗布膜 3 をシリコン層 5 とシリコン層 5 の上に形成されたシリコン酸化層 6 とにする工程と、を備えたトランジスタの製造方法である。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 4 0 8 8 5 8
受付番号	5 0 3 0 2 0 1 7 0 1 1
書類名	特許願
担当官	鈴木 夏生 6 8 9 0
作成日	平成 1 5 年 1 2 月 1 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000002369
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
【氏名又は名称】	セイコーエプソン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 志賀国際特 許事務所

【氏名又は名称】	西 和哉
----------	------

【代理人】

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 志賀国際特 許事務所

【氏名又は名称】	志賀 正武
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 志賀国際特 許事務所

【氏名又は名称】	青山 正和
----------	-------

特願 2 0 0 3 - 4 0 8 8 5 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
氏 名	セイコーエプソン株式会社